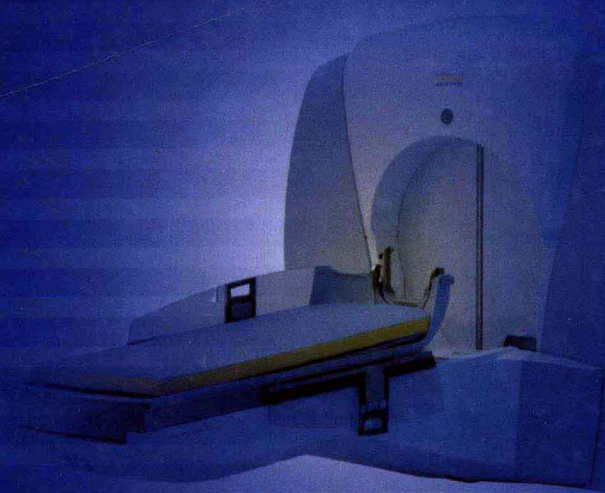


GAMMA KNIFE SURGERY FOR INTRACRANIAL DISEASE

# 伽玛刀治疗颅脑疾病

## ——临床与影像

主 编 张雪宁 徐德生  
刘 东 杨连海



# 伽玛刀治疗颅脑疾病

## ——临床与影像

主 编 张雪宁 徐德生

刘 东 杨连海

副主编 李小东 刘晓民

吴 天 张 虹 韩 悦

主 审 郑立高 张云亭 廉宗澍

天津科学技术出版社

#### 图书在版编目(CIP)数据

伽玛刀治疗颅脑疾病:临床与影像/张雪宁等主编.

--天津:天津科学技术出版社,2010.12

ISBN 978-7-5308-6145-5

I. ①伽… II. ①张… III. ①脑病—钴60治疗机—放射疗法 IV. ①R816.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 228920 号

---

策 划:袁向远

责任编辑:袁向远 王连弟

责任印刷:兰 毅

---

天津科学技术出版社出版

出版人:蔡 颢

天津市西康路 35 号 邮编:300051

电话(022)23332399(编辑室) 23332393(发行部)

网址:www.tjkjcs.com.cn

新华书店经销

廊坊市海涛印刷有限公司印刷

---

开本 889×1194 1/16 印张 23.25 字数 530 000

2010 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

定价:268.00 元

## 作者名单（以姓氏笔画为序）

- |     |              |
|-----|--------------|
| 戈有林 | 天津医科大学第二医院   |
| 王国开 | 天津医科大学第二医院   |
| 王琮荫 | 天津医科大学第二医院   |
| 邓彦玲 | 天津医科大学第二医院   |
| 田立新 | 天津医科大学第二医院   |
| 田恩瑞 | 天津医科大学第二医院   |
| 白 玫 | 天津医科大学第二医院   |
| 关祥祯 | 天津医科大学第二医院   |
| 刘 东 | 天津医科大学第二医院   |
| 刘晓民 | 天津医科大学第二医院   |
| 吕志新 | 天津医科大学第二医院   |
| 吴 天 | 天津市第三中心医院    |
| 张文煜 | 天津医科大学第二医院   |
| 张志远 | 天津医科大学第二医院   |
| 张宜培 | 天津医科大学第二医院   |
| 张雪宁 | 天津医科大学第二医院   |
| 张雪君 | 天津医科大学医学影像学院 |
| 张 虹 | 天津医科大学第二医院   |
| 李小东 | 天津医科大学第二医院   |
| 李 茂 | 天津医科大学第二医院   |
| 李彦和 | 天津医科大学第二医院   |

杜春发	天津医科大学第二医院
孟华伟	天津医科大学第二医院
杨 静	天津医科大学第二医院
杨连海	天津医科大学第二医院
杨树喜	天津医科大学第二医院
林益光	天津医科大学第二医院
赵 博	天津医科大学第二医院
赵 蕾	天津医科大学第二医院
徐德生	天津医科大学第二医院
贾 强	天津医科大学第二医院
高 晓	天津医科大学第二医院
夏庆来	天津医科大学第二医院
隋秀丽	天津医科大学总医院
程轶峰	天津医科大学第二医院
韩 悦	天津医科大学第二医院
薛新生	天津医科大学第二医院



# 序一

1949年瑞典神经外科学家 Lars Leksell 教授研制出了第一代 Leksell 立体定向仪，1951年他率先提出了放射外科的概念，1967年他与 Larsson 合作研制出第一台 Leksell 伽玛刀，这是一种能将高能伽玛射线精确聚焦于颅内局限性靶区进行单次照射产生特殊放射生物学效应的技术，最初主要用于功能神经外科疾病的治疗，此后其设备、计划软件与适应证都在不断地进展，特别是二十世纪九十年代以来计算机和医学影像技术的迅猛发展赋予了伽玛刀放射外科全新的方法和概念。立体定向放射外科，伽玛刀等术语已被医学索引正式采纳，伽玛刀放射外科也衍生为神经外科的重要分支。伽玛刀作为一种现代化的高科技治疗手段，它涉及理、工、医、技等领域，在临床方面融合了神经外科学、神经影像学、放射治疗学等多个学科，截至2008年底，全球267家 Leksell 伽玛刀中心累计治疗各种颅脑疾病患者50余万例，发表学术论文近万篇。我国自1993年开始引进 Leksell 伽玛刀，十几年来开展了大量的临床和基础研究工作。

天津医科大学第二医院自1995年引进天津市第一台 Leksell 伽玛刀设备至今已累计治疗各类颅脑疾病8000余例，积累了大量珍贵的病历资料和丰富的临床经验，特别是在眼眶疾病伽玛刀治疗方面独树一帜，得到国内外同道的认可。为了给从事放射外科、神经外科、放射学科及放射治疗学科的同道们提供关于颅脑疾病伽玛刀治疗的临床应用与影像学评价方面的参考，天津医科大学第二医院组织了长期从事伽玛刀放射外科临床及神经影像学专业的专家共同编写了《伽玛刀治疗颅脑疾病——临床与影像》一书，填补了国内在这方面的空白，为我国的神经外科事业做出了一定的贡献。

本书既有各位作者长期从事临床实践的体会，又广泛吸收了国内外同行的先进经验和成果，博采众长，图文并茂，对伽玛刀放射外科、神经外科、放射学科及放射治疗学科等工作者是很有帮助的参考书。

天津医科大学总医院神经外科教授

天津医科大学博士研究生导师

天津市神经病学研究所原所长

中华医学会天津分会神经外科学会主任委员

欧亚神经外科学会主席

杨树源

2010年5月于天津

## 序二

二十世纪九十年代以来由于计算机和医学影像技术的迅猛发展赋予了伽玛刀放射外科全新的方法和概念。伽玛刀放射外科也逐步衍生为神经外科的一个分支。伽玛刀作为一种现代化的高科技治疗手段，它的发展涉及理、工、医、技等领域，在临床方面融合了神经外科学、神经影像学、放射治疗学等多个学科，天津医科大学第二医院自1995年在天津首家引进Leksell伽玛刀设备至今已累计治疗各类颅脑疾病8000余例，积累了大量珍贵的病历资料和丰富的临床经验，涉及参与工作的还有口腔科、头颈外科、耳鼻喉科、除痛科等，特别值得提及的是在我院眼眶疾病诊断治疗位于国内领先的基础上，又融入了伽玛刀放射外科的治疗技术，结合边缘学科知识，多学科融合协作治疗疾病是医学发展的一个趋势，作者对此进行了有益的尝试与探索。

天津医科大学第二医院张雪宁教授、徐德生教授组织了一批长期从事伽玛刀放射外科临床及神经影像学专业的专家共同编写了《伽玛刀治疗颅脑疾病——临床与影像》一书，作为涵盖颅脑疾病伽玛刀治疗学临床与影像方面内容的力作，该书从专业角度系统阐述了伽玛刀放射外科发展历程、基本理论、临床应用、影像随访等方面的内容。上述内容恰是众多伽玛刀放射外科专业人员、神经外科、放射学科及放射治疗学科医师所必须掌握的内容。这正是本书出版的意义。该书作者都是具有长期临床实践经验的医生，在对众多患者进行长期临床随访的过程中付出的劳动是可想而知的，这从本书大量系统翔实的病历资料中可窥一斑。同时该书作者广泛吸收了国内外同行的先进经验和成果，博采众长，图文并茂，对伽玛刀放射外科、神经外科、放射学科及放射治疗学科等工作者是很有帮助的参考书。该书的出版填补了我国关于Leksell伽玛刀放射外科治疗学方面的空白，为进一步推动我国的神经外科事业作出了贡献。值此机会向为本书出版付出艰辛劳动的众位编者及本书编辑人员致以由衷的谢意。希望各位同道对书中不妥之处不吝指教。

天津医科大学第二医院教授

天津医科大学博士研究生导师

天津医科大学第二医院院长

中华医学会老年医学分会副主任委员



2010年5月于天津

# 前 言

伽玛刀放射外科应用于临床以来,已经历四十余年的发展。近十年来伽玛刀放射外科的迅速发展主要归因于医学影像、计算机及自动化技术的发展。伽玛刀放射外科已从最初的一个概念发展成为神经外科的一个重要分支学科——放射神经外科。他超过了同时代的其他神经外科技术,得到了迅速发展和广泛的应用,已成为脑血管疾病、颅脑肿瘤、功能性神经外科疾病治疗的重要工具。我们对于放射外科在不同组织所产生的放射生物学效应已经有了更深入的理解。放射外科现在恰当的定义应为:在单次治疗过程中,在严格确定的靶点容积范围内产生特殊的放射生物学效应的一种手术技术。至2008年12月,全世界已安装 Leksell 伽玛刀 267 台,治疗各种颅脑疾病患者超过 50 万例。

我国自二十世纪九十年代初开始引进 Leksell 伽玛刀,至今已有 19 台 Leksell 伽玛刀分布于全国各地,开展了大量的临床工作,治疗病例达数万例之多,取得了满意的疗效。然而伽玛刀放射外科临床疗效的评价对于广大神经外科、放射科医生来说仍然存在许多模糊的认识。天津医科大学第二医院神经外科暨伽玛刀中心自 1995 年成立至今,积累了八千多例各种类型颅脑疾病伽玛刀放射外科治疗的经验,其中包括大量患者的诊断、治疗、随访和并发症处理的临床和影像资料。为了给放射外科、神经外科、放射科及放射治疗学科的同道们提供关于颅脑疾病伽玛刀治疗的临床应用与影像学评价方面的参考,从而对颅脑疾病伽玛刀治疗学有更加全面和深入的认识,我们组织了本市在伽玛刀治疗、医学影像、眼科、耳鼻喉科的资深专家教授,共同编写了这本专著。

本书共分两篇十章,约 50 万字,附图 400 余幅。全书系统介绍了颅脑疾病伽玛刀放射外科治疗的临床应用与影像学评价,全部采用我们多年临床实践中积累的诊疗及影像资料,从伽玛刀治疗的原理和基础、神经影像学进展、伽玛刀的临床应用及影像学评价等方面进行了全面地阐述。全书内容翔实、图文并茂、实用性强,同时还体现了我们自身的特色,如眼眶疾病的伽玛刀治疗。希望能对我国伽玛刀放射外科工作的深入开展有所帮助。

本书在编写过程中,得到了已故影像学界德高望重的吴恩惠教授的亲切关心和帮助,得到了天津医科大学第二医院领导和伽玛刀中心、放射科全体同志的大力支持。全书完稿后,由郑立高教授、张云亭教授、廉宗澍教授精心审阅,特别是各位编委花费了大量的心血。刘东副主



任医师对全书的文字修改、审校和图片编辑做了大量的工作，在此一并表示感谢！

本书从开始策划到出版历经三年多时间，虽经反复修改，但难免存在偏颇及疏漏之处，在此恳请各位同道批评指正。

张雪宁、徐德生  
2010年10月于天津

# 目 录

第一篇 Leksell 伽玛刀及神经影像学的进展.....	(1)
第一章 立体定向伽玛刀放射外科发展概述.....	(3)
第二章 Leksell 伽玛刀的原理与立体定向定位技术.....	(11)
第一节 伽玛刀设备介绍.....	(11)
第二节 伽玛刀的治疗计划系统.....	(28)
第三节 伽玛刀治疗程序.....	(35)
第三章 立体定向技术.....	(47)
第一节 概述.....	(47)
第二节 脑立体定向术基本原理.....	(48)
第三节 立体定向方法学.....	(52)
第四章 神经影像学设备及进展.....	(62)
第一节 数字减影血管造影.....	(62)
第二节 计算机体层成像.....	(64)
第三节 磁共振成像.....	(68)
第四节 核医学显像.....	(78)
第五节 脑磁图.....	(85)
第二篇 Leksell 伽玛刀临床治疗的影像学评价.....	(91)
第一章 脑血管畸形.....	(93)
第一节 脑动静脉畸形.....	(93)
第二节 海绵状血管瘤.....	(120)
第三节 硬脑膜动静脉瘘.....	(126)
第二章 伽玛刀治疗各种颅脑肿瘤.....	(131)
第一节 脑膜瘤.....	(131)
第二节 垂体腺瘤.....	(140)
第三节 听神经鞘瘤.....	(172)

第四节	颅咽管瘤.....	(188)
第五节	脑转移瘤.....	(198)
第六节	神经上皮性肿瘤.....	(216)
第七节	生殖细胞瘤.....	(231)
第八节	脊索瘤.....	(241)
第九节	松果体实质肿瘤.....	(247)
第十节	颅内其他神经鞘瘤.....	(250)
第十一节	颅内少见肿瘤.....	(262)
<b>第三章</b>	<b>眼眶疾病.....</b>	<b>(289)</b>
第一节	视神经鞘脑膜瘤.....	(290)
第二节	眼眶静脉性血管瘤.....	(297)
第三节	眼眶海绵状血管瘤.....	(301)
第四节	视神经胶质瘤.....	(308)
第五节	眼眶神经鞘瘤.....	(314)
第六节	眼内肿瘤.....	(317)
第七节	原发性眼眶静脉曲张.....	(321)
第八节	眼眶动静脉畸形.....	(324)
<b>第四章</b>	<b>鼻咽癌.....</b>	<b>(328)</b>
<b>第五章</b>	<b>功能性疾病.....</b>	<b>(337)</b>
第一节	顽固性癫痫.....	(337)
第二节	三叉神经痛.....	(346)
第三节	强迫症.....	(350)
<b>第六章</b>	<b>并发症.....</b>	<b>(352)</b>

## 第一篇

# Leksell 伽玛刀及神经影像学的进展



# 第一章 立体定向伽玛刀放射外科发展概述

## 一、Leksell 立体定向系统的建立

二十世纪中叶，限于当时的医疗条件，神经外科手术死亡率高达 40%，致残率更高。瑞典神经外科医生 Lars Leksell (图 1-1-1) 在师从著名神经外科学家 Olivecrona 期间，目睹了这位神经外科先驱所遇到的成功与失败，他逐渐认识到神经外科应该朝着微创的方向进行努力。当时 Clark 和 Horsley 研制的立体定向装置已在实验室中应用，并由

Spiegel 和 Wycis 在 1947 年最先应用在临床上。Leksell 认识到这是一种很有前景的微创技术，在此基础上，他根据几何学弓形设计原理在 1949 年研制出了第一代 Leksell 立体定向仪 (图 1-1-2)。随后又逐渐完善改进推出了 Leksell-D 型和 G 型立体定向仪，适用于 X 线、CT、MRI 定位，成为临床应用最为广泛的立体定向系统，后来也发展成为放射外科治疗系统的重要组成部分。

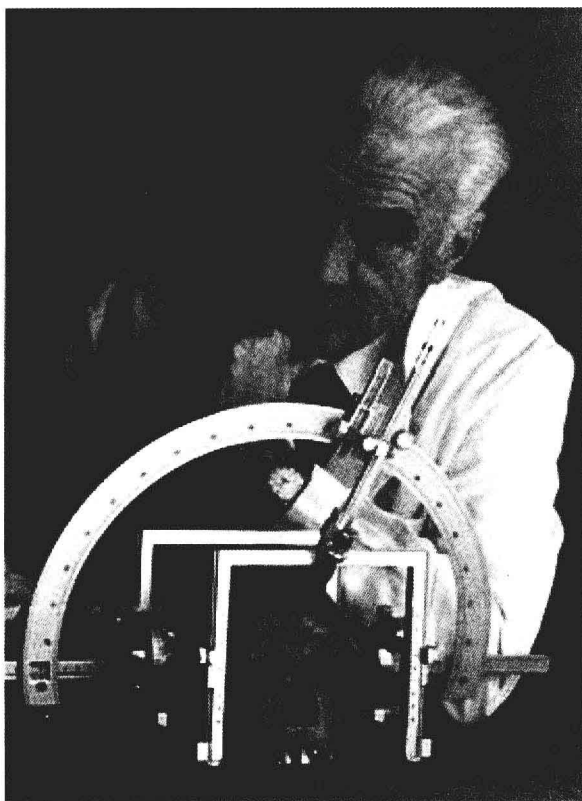


图 1-1-1 Lars Leksell 教授 (1907-1986)



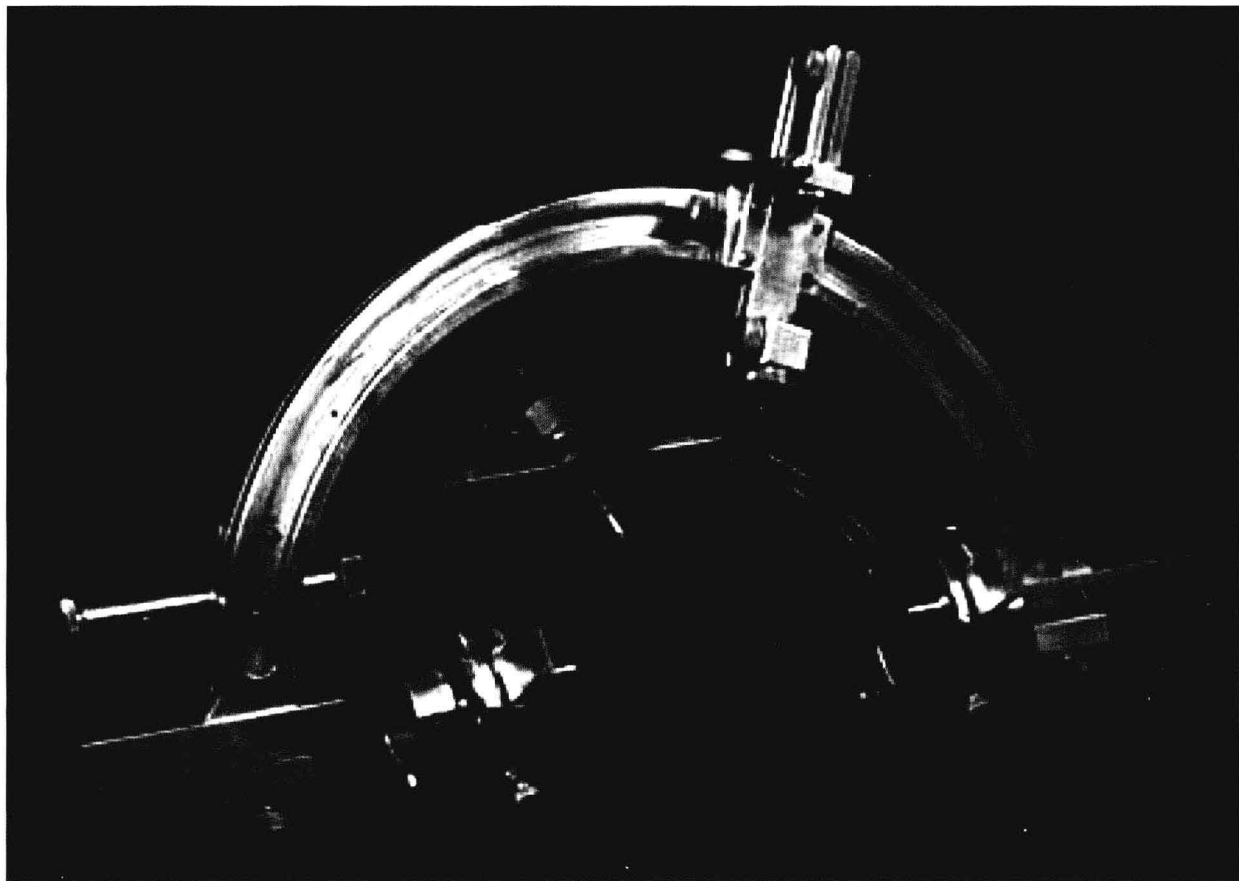


图 1-1-2 于 1949 年研制的第一台 Leksell 立体定向仪

## 二、放射外科概念的提出

1951 年 Leksell 和他的同事们设计了一种全新的立体定向治疗技术，这种手术技术利用窄细的射线束来代替手术器械，通过聚焦、适形的方法将大剂量外源性射线束单次投照于脑神经核团或病变上，利用焦点高能量来损毁脑组织或杀死病变组织细胞，达到治疗疾病的目的。Leksell 将这种技术命名为“立体定向放射外科”(Stereotactic radiosurgery, SRS)。

关于放射外科选择哪种射线源的问题在早期的试验中进行了一系列探索。他们最初选用高能质子

束作为射线源进行了尝试，但最终由于技术复杂、设备昂贵而告罄。后来他们将 X 射线引入立体定向系统来治疗颅内疾病，经过 X 线平片对三叉神经半月节定位后，采用 280keV 的牙科 X 光机的管球沿着立体定向仪的半环弓滑动(图 1-1-3)，使其发射的 X 线聚焦照射于半月节上，单次照射治疗三叉神经痛，意想不到地取得了堪比手术的良好效果。从此开创了立体定向放射外科的新纪元。但由于当时的 X 线装置放射剂量较低、设备简陋，限制了该技术在临床上的推广运用。经历多次试验和失败，Leksell 最终将目光锁定在  $^{60}\text{Co}$  释放的伽玛射线之上，并开始研制与之相适应的放射外科装置。

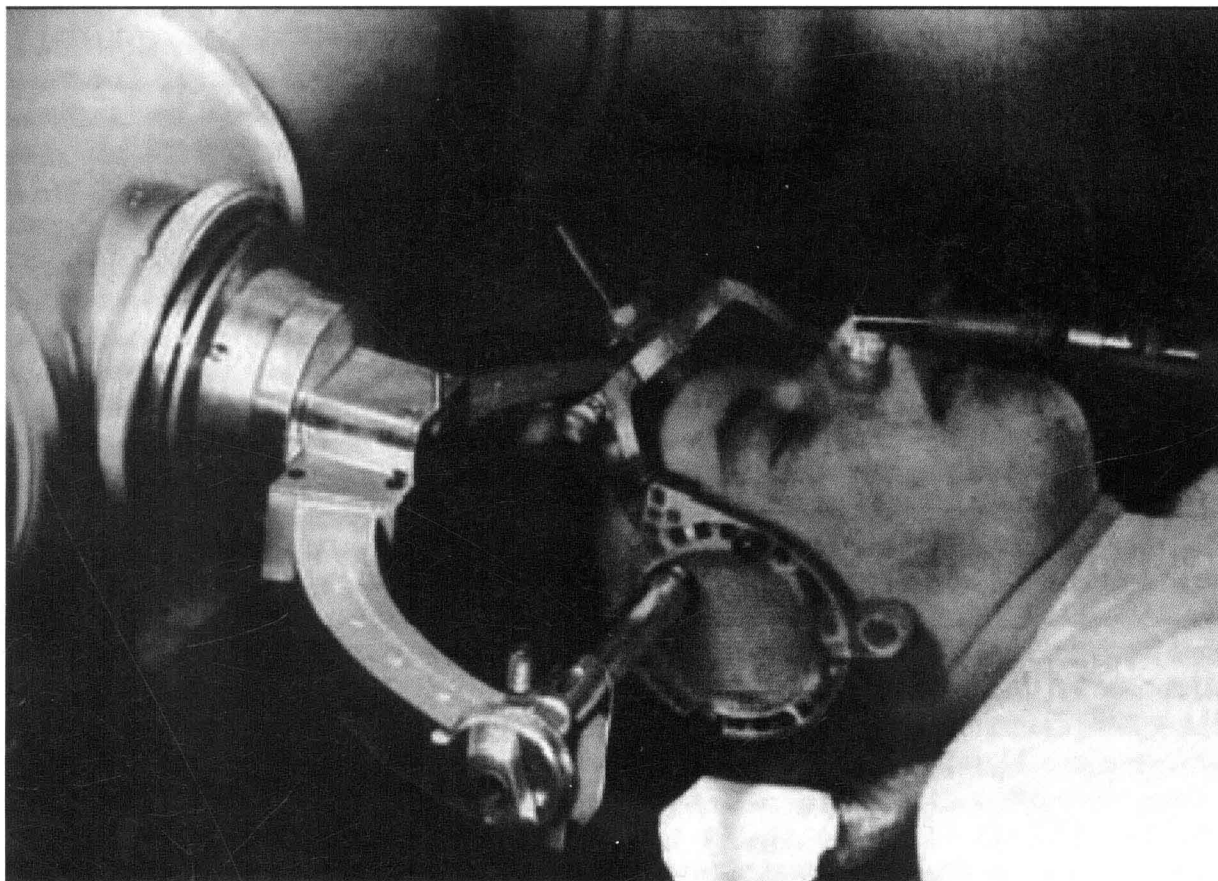


图 1-1-3 用 X 线管球与第一代 Leksell 立体定向仪治疗疾病

### 三、伽玛刀的诞生

实施放射外科治疗技术，需要将高剂量的放射线投射到颅内结构或病变中，因此必须满足两个先决条件：首先是对靶点进行精确定位，这可以通过立体定向的方法来实现；其次就是受照靶区边缘吸收剂量的锐减（即使靶区周围的正常组织受照获损的范围减到最低）。如何才能满足这些条件来保证治疗的安全、有效呢？Leksell 和 Uppsala 大学的放射生物学家 Borje Larsson 教授经过反复研究，论证了有关方法和设备，在排除了直线加速器和回旋加速

器被使用的可能性后最终选择  $^{60}\text{Co}$  作为最理想的射线源，并于 1967 年研制成功了第一台伽玛刀 (Leksell Gamma knife)。这台伽玛刀装有 179 个钴源，呈半球状分布于内准直器中，配备有 4mm, 8mm, 14mm 三种外准直器，伽玛刀的主体外形酷似橄榄球（图 1-1-4），安装在瑞典斯德哥尔摩的索非娅医院，由卡罗林斯卡医院神经外科的人员来负责使用，主要用于临床和实验研究。1974 年第二台伽玛刀安装在卡罗林斯卡医院，命名为 A 型伽玛刀，这也是唯一一台 A 型伽玛刀，正式用于临床治疗病人，九年后卡罗林斯卡医院报告了伽玛刀治疗疾病的初步经验。



图 1-1-4 1968 年 Leksell 应用第一代伽玛刀治疗首例听神经瘤

#### 四、伽玛刀机械部分的发展

Leksell 伽玛刀自诞生之日起，便不断进行着改进和完善，第三和第四台伽玛刀分别安装在阿根廷的布宜诺斯艾利斯和英国的谢菲尔德，此时  $^{60}\text{Co}$  源已增至 201 个，但仍只有三种准直器。自这两台伽玛刀起，便进入了 B 型伽玛刀时代。1985 年在美国的匹兹堡大学医院安装了第五台伽玛刀，在原有基础上增加了 18mm 外准直器，使准直器数目增至 4 个， $^{60}\text{Co}$  源仍为 201 个，但应美国 FDA 的要求，射线的方向朝向地面，故安装在美国的伽玛刀称为 U 型伽玛刀，而安装在世界其他地方的伽玛刀仍统称为 B 型。Leksell B 型伽玛刀由内置钴源的中央体、外准直器、治疗床、控制台和剂量计划系统构成。201 个钴源呈半球形分布在中央体内，每个钴源直径 1mm，长 20mm，初装时每一个钴源为 1.1TBq (30Ci)，共计约 6 000Ci。201 束放射源射线束的中间束与水平面成  $55^\circ$ ，其余射线束均匀分布在中间束旁的  $\pm 48^\circ$  的范围内。每个钴源聚焦在中心的误差为  $\pm 0.3\text{mm}$ 。中央体上屏蔽门的开关则由控制台

操控完成。从剂量计算、多等中心适形到剂量模拟均由计算机工作站完成。最后在控制台监视器的监视下完成治疗计划。

1999 年，Leksell C 型伽玛刀研制成功，他将剂量计划的进步与自动化控制技术结合到了一起。C 型伽玛刀的新特征包括：自动定位系统 (APS)、头盔交换机、头盔转运车、坐标操手柄、彩色编码的准直器和塞子。C 型伽玛刀治疗时用自动定位系统 (APS) 去调节每一个等中心的靶点坐标，这就省却了在多等剂量中心计划中用人工调整坐标的操作，这可明显的减少完成整个治疗所需的时间。由于治疗时间可以缩短，就可以用小的准直器来使剂量计划的容积适形更加精确，这样在靶点以外就形成了陡峭的剂量衰减。第一台 C 型伽玛刀于 2000 年安装在美国匹兹堡大学，4 月正式开始治疗病人。到目前为止，C 型伽玛刀仍是伽玛刀的主流产品。在 C 型普及后不久，4C 型伽玛刀便问世，其主要在坐标显示屏的改进和脑磁图连接等方面的改进，但由于其与 C 型的功能差别不大，故市场的占有率并不高。